

REC'D 24 MAR 2004

WIPO

PCT

PCT / I B 04 / 5 02 6 3

# 证 明

本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

申 请 日： 2003 04 01

申 请 号： 03 1 09019.2

申 请 类 别： 发明

发明创造名称： 基于宽带天线的波束赋形方法及其装置

申 请 人： 皇家飞利浦电子股份有限公司

发明人或设计人： 戴延中

BEST AVAILABLE COPY

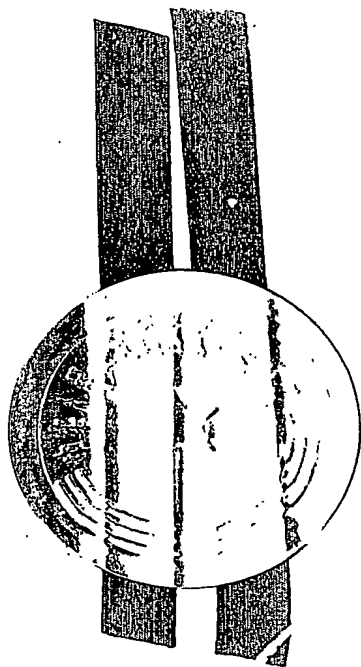
**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

中华人民共和国  
国家知识产权局局长

王 景 川

2004 年 2 月 10 日



## 权利要求书

- 1、一种基于宽带天线的波束赋形方法，包括步骤：  
检测天线输入信号的频率；  
根据检测的频率确定天线阵列的阵元之间的有效天线孔径；  
根据确定的有效天线孔径和天线阵列的传输函数，计算各个天线阵元对该信号的权值向量；  
将输入信号与所述各个天线阵元对该信号的权值向量相乘，然后合并输出波束信号。
- 2、如权利要求 1 所述的基于宽带天线的波束赋形方法，其中，所述将输入信号与对应的权值向量相乘的步骤，进一步包括：  
对输入信号进行一系列的延时；  
将经过延时的各信号分别与对应的权值向量相乘，并合并加权后的各延时信号。
- 3、如权利要求 1 所述的基于宽带天线的波束赋形方法，其中，还包括步骤：  
在检测天线输入信号的频率之前，先进行快速傅立叶变换，以将输入信号转换为频域信号；  
在将天线各阵元加权后的信号合并后，再进行快速傅立叶逆变换，以将合并的频域信号转换为时域信号。
- 4、如权利要求 1、2、或 3 所述的基于宽带天线的波束赋形方法，其中，所述的阵元之间的有效天线孔径为  $d = \lambda/2$ ，其中  $\lambda$  是所述输入信号的波长。
- 5、如权利要求 1、2、3、或 4 所述的基于宽带天线的波束赋形方法，由基站和移动终端中至少其中一个执行。

6、一种基于宽带天线的波束赋形装置，包括：

一个有效天线孔径计算模块，用于检测天线输入信号的频率，然后根据检测的频率确定天线阵列的阵元之间的有效天线孔径；

一个权值向量计算模块，用于根据确定的有效天线孔径和天线阵列的传输函数，计算各个天线阵元对所述输入信号的权值向量；

一个波束生成模块，用于把所述输入信号与所述各个天线阵元对该信号的权值向量相乘，然后合并输出波束信号。

7、如权利要求 6 所述的基于宽带天线的波束赋形装置，其中，所述的波束生成模块进一步包括：

多组延时器，其中的每一组延时器用于对输入信号进行一系列的延时；

多组权值调节模块，其中的每一组权值调节模块用于将经过延时的各信号分别与对应的所述权值向量相乘；

一个波束合并模块，用于将加权后的信号合并，并输出合并后的信号。

8、如权利要求 6 所述的基于宽带天线的波束赋形装置，其中，还包括：

一个时/频转换模块，用于把天线输入信号进行快速傅立叶变换，以将变成频域后的信号提供给所述有效天线孔径计算模块；

一个频/时转换模块，用于将所述波束生成模块合并输出的频域波束信号进行快速傅立叶逆变换，以获得时域波束信号。

9、如权利要求 6、7 或 8 所述的基于宽带天线的波束赋形装置，其中，所述的阵元之间的有效天线孔径为  $d = \lambda/2$ ，其中  $\lambda$  是所述输入信号的波长。

10、一种基站系统，包括：

一个无线信号收发模块，用于接收或发送无线信号；

一个有效天线孔径计算模块，用于检测基站天线输入信号的频

率, 然后根据检测的频率确定基站天线阵列的阵元之间的有效天线孔径;

一个权值向量计算模块, 用于根据确定的有效天线孔径和天线阵列的传输函数, 计算基站各个天线阵元对所述输入信号的权值向量;

一个波束生成模块, 用于把所述输入信号与所述基站各个天线阵元对该信号的权值向量相乘, 然后合并输出波束信号。

11、如权利要求 10 所述的基站系统, 其中, 所述的波束生成模块进一步包括:

多组延时器, 其中的每一组延时器用于对输入信号进行一系列的延时;

多组权值调节模块, 其中的每一组权值调节模块用于将经过延时的各信号分别与对应的所述权值向量相乘;

一个波束合并模块, 用于将加权后的信号合并, 并输出合并后的信号。

12、如权利要求 10 所述的基站系统, 其中, 还包括:

一个时/频转换模块, 用于把基站天线输入信号进行快速傅立叶变换, 以将变成频域后的信号提供给所述有效天线孔径计算模块;

一个频/时转换模块, 用于将所述波束生成模块合并输出的频域波束信号进行快速傅立叶逆变换, 以获得时域波束信号。

13、如权利要求 10、11 或 12 所述的基站系统, 其中, 所述的阵元之间的有效天线孔径为  $d = \lambda/2$ , 其中  $\lambda$  是所述输入信号的波长。

14、一种移动终端包括:

一个无线信号收发模块, 用于接收或发送无线信号;

一个有效天线孔径计算模块, 用于检测移动终端天线输入信号的频率, 然后根据检测的频率确定移动终端天线阵列的阵元之间的有效天线孔径;

一个权值向量计算模块, 用于根据确定的有效天线孔径和天线阵

列的传输函数，计算移动终端各个天线阵元对所述输入信号的权值向量；

一个波束生成模块，用于把所述输入信号与所述移动终端各个天线阵元对该信号的权值向量相乘，然后合并输出波束信号。

15、如权利要求 14 所述移动终端，其中，所述的波束生成模块进一步包括：

多组延时器，其中的每一组延时器用于对输入信号进行一系列的延时；

多组权值调节模块，其中的每一组权值调节模块用于将经过延时的各信号分别与对应的所述权值向量相乘；

一个波束合并模块，用于将加权后的信号合并，并输出合并后的信号。

16、如权利要求 14 所述移动终端，其中，还包括：

一个时/频转换模块，用于把移动终端天线输入信号进行快速傅立叶变换，以将变成频域后的信号提供给所述有效天线孔径计算模块；

一个频/时转换模块，用于将所述波束生成模块合并输出的频域波束信号进行快速傅立叶逆变换，以获得时域波束信号。

17、如权利要求 14、15 或 16 所述移动终端，其中，所述的阵元之间的有效天线孔径为  $d = \lambda/2$ ，其中  $\lambda$  是所述输入信号的波长。

# 说明书

## 基于宽带天线的波束赋形方法及其装置

### 技术领域

本发明涉及一种基于宽带天线的波束赋形方法，尤其涉及一种在频域或时域实现的基于宽带天线的波束赋形方法。

### 技术背景

在通常的移动通信环境中，基站和移动台之间的信号是沿接收机和发射机之间的若干路径进行传播。由于传播路径的不同，同一信号沿不同路径到达接收机的传播时延和到达方向角（DOA）也不同，从而造成多径干扰和信号衰落。

阵列天线技术，能充分利用信号的空间特性，有效地减少多径干扰和降低信号衰落，显著地提高系统容量及服务质量，因此在实际中得到了广泛的应用。

波束赋形是阵列天线的-一个基本功能，也即阵列天线能对天线阵元的接收信号进行时延、加权以及合并处理形成天线波束，使波束主瓣对准用户信号方向，而使波束零陷对准干扰信号方向，达到抑制干扰的目的。因此阵列天线形成的波束对系统性能有至关重要的影响。

图 1 是一个由  $M$  个阵元组成的一维线列阵示意图。如图 1 所示， $\theta$  为入射信号仰角， $d$  为阵元间距（几何孔径），假设所有阵元间距相等。那么该天线阵列的波束半功率宽度  $\theta_{0.5}$  近似为

$$\theta_{0.5} \approx \frac{50.8 \cdot c}{M \cdot d \cdot f} (\text{度}) \quad (1)$$

式中， $M$  为天线阵列阵元数； $f$  为信号载波频率； $c$  为光速，等于  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。

现有天线的几何孔径  $d$  和阵元数  $M$  通常是固定不变的，这意味着天线阵列长度  $M \cdot d$  也是固定不变的。

(6)

从等式(1)可以看出, 在天线阵列长度  $M \cdot d$  不变的情况下, 当接收不同频率的信号时, 天线形成不同宽度的波束。信号频率越高, 波束宽度越窄。研究证明波束宽度与频率成反比。当宽带信号不在波束指向的方向而是在其它方向进行接收时, 由于天线对高频信号的波束的宽度比较窄, 所以部分高频信号会落在天线方向图的零陷上, 造成该部分信号能量会被该波束输出丢失, 因此, 天线的输出是失真的。

为了解决上述的天线输出失真问题, 本发明提供了一种基于宽带天线的波束赋形方法。

## 发明内容

本发明的一个目的是提供一种基于宽带天线的波束赋形方法。在该方法中, 针对不同信号频率来改变天线基阵的有效孔径, 使得天线对不同信号频率形成恒波束宽度的波束, 在此前提下, 计算天线针对不同信号频率的权值向量, 然后对输入信号用计算得到的权值向量进行加权, 以均衡天线对各个信号频率的空间增益, 从而消除了处理后的宽带信号失真的现象。

本发明的另一个目的是提供一种具有阵列天线的移动终端中的恒波束宽度的波束赋形方法及其装置, 使用该接收方法及其装置, 可以有效地减少阵元在发射和接收信号时所产生的偏差, 从而显著提高通话的质量。

为了实现本发明的上述目的, 按照本发明的一种基于宽带天线的波束赋形方法, 包括步骤: 检测天线输入信号的频率; 根据检测的频率确定天线阵列的阵元之间的有效天线孔径; 根据确定的有效天线孔径和天线阵列的传输函数, 计算各个天线阵元对该信号的权值向量; 将输入信号与所述各个天线阵元对该信号的权值向量相乘, 然后合并输出波束信号。

为了实现本发明的上述目的, 按照本发明的一种基于宽带天线的波束赋形方法, 其中, 将输入信号与对应的权值向量相乘的步骤, 进一步包括: 对输入信号进行一系列的延时; 将经过延时的各信号分别

与对应的权值向量相乘，并合并加权后的各延时信号。

为了实现本发明的上述目的，按照本发明的一种基于宽带天线的波束赋形方法，其中，还包括步骤：在检测天线输入信号的频率之前，先进行快速傅立叶变换，以将输入信号转换为频域信号；在将天线各阵元加权后的信号合并后，再进行快速傅立叶逆变换，以将合并的频域信号转换为时域信号。

为了实现本发明的上述目的，按照本发明的一种基于宽带天线的波束赋形装置，包括：有效天线孔径计算模块，用于检测天线输入信号的频率，然后根据检测的频率确定天线阵列的阵元之间的有效天线孔径；权值向量计算模块，用于根据确定的有效天线孔径和天线阵列的传输函数，计算各个天线阵元对该信号的权值向量；波束生成模块，用于把输入信号与所述各个天线阵元对该信号的权值向量相乘，然后合并输出波束信号。

为了实现本发明的上述目的，按照本发明的一种基于宽带天线的波束赋形装置，其中，波束生成模块进一步包括：多组延时器，其中的每一组延时器用于对输入信号进行一系列的延时；多组权值调节模块，其中的每一组权值调节模块用于将经过延时的各信号分别与对应的所述权值向量相乘；波束合并模块，用于将加权后的信号合并，并输出合并后的信号。

为了实现本发明的上述目的，按照本发明的一种基于宽带天线的波束赋形装置，其中，还包括：时/频转换模块，用于把天线输入信号进行快速傅立叶变换，以将变成频域后的信号提供给所述有效天线孔径计算模块；频/时转换模块，用于将所述波束生成模块合并输出的频域波束信号进行快速傅立叶逆变换，以获得时域波束信号。

附图简述



图 1 是一个现有离散线性天线阵列的示意图；

图 2 是根据本发明的空间重采样的示意图；

图 3 是根据本发明的一种基于宽带天线的波束赋形模块方框图；

图 4 是根据本发明的一种在时域实现的基于宽带天线的发射波束赋形装置的方框图；

图 5 是根据本发明的一种在频域实现的基于宽带天线的发射波束赋形装置的方框图；

图 6 是根据本发明的一种在时域实现的基于宽带天线的接收波束赋形装置的方框图。

图 7 是根据本发明的一种在频域实现的基于宽带天线的接收波束赋形装置的方框图；

## 发明详述

从前述的等式 (1) 可以看出，通过改变天线的几何孔径  $d$  的大小，可以获得不同波束宽度的天线波束；对于不同的信号频率  $f$ ，通过改变天线孔径  $d$  的大小，使波束半功率宽度  $\theta_{0.5}$  恒定不变，可以获得恒波束宽度的波束。

本发明提出的波束赋形方法就是基于上述原理，通过改变不同信号频率的有效天线孔径，使得天线对不同信号频率形成恒波束宽度的波束，在此前提下，计算天线针对不同信号频率的权值向量，然后对输入信号用计算得到的权值向量进行加权，以均衡天线对各个信号频率的空间增益。

下面将结合附图，以一个连续天线阵列为例子详细描述该波束赋形方法的处理流程。

首先，当输入到天线阵元的信号频率从初始频率  $f_0$  变为频率  $f_j$  时，为了使这两个频率下天线波束的宽度恒等，在该天线阵元位置重新采样连续天线阵列以确保它的有效孔径从  $d = \lambda_0 / 2$  变成  $d' = \lambda_j / 2$ 。图 2 是空间重采样的示意方框图。如图 2 所示， $d$  为阵元 2 对应于初始频率  $f_0$  的有效孔径， $d'$  为抽样得到的阵元 2' 对应于频率  $f_j$  的有效孔

径。

然后，像一个离散天线阵列可以当作一个数字滤波器一样，一个连续天线阵列可以当作一个模拟滤波器，它的传输函数可以用等式(2)表示：

$$h_a(x) = \sum_{i=1}^M \left[ w_0(i) \cdot \frac{\sin(\pi(x-(i-1)\frac{\lambda_j}{2})/\frac{\lambda_j}{2})}{\pi(x-(i-1)\frac{\lambda_j}{2})} \right] \quad (2)$$

式中： $w_0(i)$ 是对应初始频率 $f_0$ 的权值， $\lambda_j$ 是对应频率 $f_j$ 的波长， $x$ 是与第1个天线阵元（参考点）的距离。从该传输函数可以看出，各个天线阵元对输入信号的影响与初始频率 $f_0$ 对应的权值向量 $w_0(i)$ 、天线阵元与第1个天线阵元的距离 $x$ ，以及输入信号的波长有关。

接着，根据新阵元2'的有效天线孔径，以及连续天线阵列的传输函数，计算各个天线阵元对应于频率 $f_j$ 的权值向量。该权值向量的计算由等式(3)给出：

$$w_j(m) \approx \frac{f_j}{f_0} \sum_{i=1}^M \left[ w_0(i) \cdot \frac{\sin \{ \pi [\frac{f_j}{f_0}(m-1)-(i-1)] \}}{\pi [\frac{f_j}{f_0}(m-1)-(i-1)]} \right] \quad m=1,2,..M, i \neq m \quad (3)$$

最后，输入信号与上述计算得到的权值向量相乘，再通过合并器进行合并输出，就得到恒波束宽度的波束。

图3是一种基于宽带天线的波束赋形装置方框图，其中包括：一个有效天线孔径计算模块10，用于检测天线输入信号 $X(t)$ 的频率，然后根据检测的频率确定天线阵列的阵元之间的有效天线孔径；还包括一个权值向量计算模块20，用于根据确定的有效天线孔径和天线阵列的传输函数，计算各个天线阵元对该信号的权值向量；和一个波束生成模块30，用于把天线输入信号 $X(t)$ 与所述各个天线阵元对该信号的权值向量相乘，然后合并输出波束信号 $Y(t)$ 。

上述的有效天线孔径计算模块 10、权值向量计算模块 20 和波束生成模块 30 可以由计算机软件实现，也可以由计算机硬件实现。

以下部分，将以信号的接收和发送为例，说明上述的基于宽带天线的波束赋形装置及其方法分别在时域和频域中的具体应用。

图 4 是一种在时域实现的基于宽带天线的发射波束赋形装置方框图，其中包括：有效天线孔径计算模块 10，权值向量计算模块 20 和波束生成模块 30。

如图 4 所示，有效天线孔径计算模块 10 首先检测各个将要发射的时域信号的频率，根据检测的频率确定天线阵列的阵元之间的有效天线孔径为  $d = \lambda_j / 2$ ，然后权值向量计算模块 20 根据确定的有效天线孔径计算各个天线阵元的权值向量，最后波束生成模块 30 将各个时域信号与计算得到的权值向量相乘，合成输出多路恒波束宽度的波束信号( $Y_1 \dots Y_m \dots Y_M$ )。

图 5 是一种在频域实现的基于宽带天线的发射波束赋形装置方框图，其中包括：有效天线孔径计算模块 10，权值向量计算模块 20、波束生成模块 30、傅里叶变换模块 40 以及傅里叶逆变换模块 50。

如图 5 所示，傅里叶变换模块 40 首先把各个将要发射的时域信号变换成频域信号；然后有效天线孔径计算模块 10 检测各个转换后的频域信号的频率，根据检测的频率确定天线阵列的阵元之间的有效天线孔径为  $d = \lambda_j / 2$ ；权值向量计算模块 20 根据确定的有效天线孔径计算各个天线阵元的权值向量；接着波束生成模块 30 将各个频域信号与计算得到的权值向量相乘，合成输出多路恒波束宽度的频域波束信号；最后傅里叶逆变换模块 50 把各路频域波束信号转换成时域信号( $Y_1 \dots Y_m \dots Y_M$ )。

图 6 是一种在时域实现的基于宽带天线的接收波束赋形装置方框图，其中包括：有效天线孔径计算模块 10，权值向量计算模块 20，由多组延时器 60 和多组权值调节模块 70 以及波束合并模块 80 构成

的波束生成模块 30,。

如图 6 所示,有效天线孔径计算模块 10 首先检测各个天线阵元接收到的时域信号( $X_1 \dots X_m \dots X_M$ )的频率,根据检测的频率确定天线阵列的阵元之间的有效天线孔径为  $d = \lambda_j / 2$ ,然后权值向量计算模块 20 根据确定的有效天线孔径计算各个天线阵元的权值向量,多组延时器 60 对各个接收到的时域信号进行延时处理,多组权值调节模块 70 用权值向量计算模块 20 计算得到的权值向量,对各个延时处理后的时域信号进行加权处理,最后波束合并模块 80 将经过加权处理的各时域信号合成恒波束宽度的波束信号。

下面详细说明该装置的工作过程:

### 1、有效天线孔径和权值计算

首先有效天线孔径计算模块 10 检测输入基带数字信号的频率,根据检测的频率确定天线阵列的阵元之间的有效天线孔径为  $d = \lambda_j / 2$ ;然后在权值计算模块 20 中,根据确定的有效天线孔径,计算权值向量,具体的:

(1)当宽带信号为已知波形时,从而其频谱范围也是已知的,其在该基阵一个阵元的脉冲响应为  $h'(n)$ ;若宽带信号是未知的,则需要根据输入信号,采用 FFT(傅里叶变换)、时频分析等方法估算其频谱范围,以确定其在该基阵一个阵元的脉冲响应  $h'(n)$ 。

(2)当阵列天线的阵元接收宽带信号所引起的偏差被消除时,权值系数  $h_{mn}$  (或表示为  $h_m(n)$ ) 应当满足 (4) 式 (不考虑信道影响):

$$y(t) = x(t) = x(t) \otimes h'(n) \otimes h_m(n) \quad (4)$$

其中,  $\otimes$  表示时域卷积;

(3)由公式 (4) 得到权系数  $h_{\bullet n} = h_{mn} (m = 1, \dots, M)$ , 其中  $h_{\bullet n}$  表示某一个阵元在时间域的权系数,其与天线的有效孔径有关。

(4)确定权系数  $h_{m\bullet}$ , 通过例如 Chebyshev(切比雪夫)或 Butterworth(巴特沃斯)加权,以获得预定的波束形状,其中权系数  $h_{m\bullet}$  表示同一时刻所有阵元的权系数。

(5)由权系数  $h_{m\bullet}$  和  $h_{\bullet n}$ , 确定权值系数  $h_{mn}$

$$h_{mn} = h_{\bullet n} \times h_{m\bullet} \quad (5)$$

(6)将生成的各权值系数 $h_{mn}$ 分别提供给各组权值调节模块 70。

## 2、 加权

将输入信号按图 6 装置进行时间延时， $\tau_m = (m-1) \cdot d/c \cdot \sin(\alpha_0)$ ， $\tau_m$ 是相对于参考点的时延，用以形成指向角为 $\alpha_0$ 的波束， $T_s$ 是延时单元，可采用 1 个采样间隔。经过一系列延时后的各信号，分别与上述权值向量计算模块 20 提供的各权值系数相乘，以得到经过时-空二维处理过的多波束信号。

## 3、 合并

把经过加权的各路信号数据在波束合并模块 80 中进行迭加，以得到恒波束宽度的单路数字信号。

图 7 是一种在频域实现的基于宽带天线的接收波束赋形装置方框图。其中， $x_m(t)$ 是第  $m$  个通道的时域输入信号， $X_{Bk}(f)$ 是方向角为 $\alpha_k$ 的第  $k$  个波束的频域输出， $x_{Bk}(t)$ 是最后的时域输出， $K$ 是形成的波束的总数， $B_{mk}(f_j)$ 是变换矩阵，它可用等式 (6) 表示：

$$B(f_j) = W_j (W_j^H W_j)^{-\frac{1}{2}} \quad (6)$$

式中： $W_j = [w_{j1}, w_{j2} \dots w_{jk} \dots w_{jK}]$ ， $w_{jk}$ 是第  $k$  个波束的权值向量。通过对等式 (3) 进行计算， $w_{jk}$ 能用等式 (7) 表示：

$$\begin{aligned} w_{jk} &= \\ \text{diag}[1, e^{-j2\pi f_j(d/c)\sin(\alpha_k)} \dots e^{-j2\pi f_j(d/c)\sin(\alpha_k)(m-1)} \dots e^{-j2\pi f_j(d/c)\sin(\alpha_k)(M-1)}] \times w_{j0} \quad (7) \\ &= \text{diag}(\partial(f_j, \alpha_k)) \times w_{j0} \end{aligned}$$

如图 7 所示，时域的输入信号 $x_m(t)$ 首先进行快速傅里叶变换以转换成频域信号，然后有效天线孔径计算模块 10 检测得到的频域信号的频率，根据检测的频率确定天线阵列的阵元之间的有效天线孔径为 $d = \lambda_j/2$ ；接着权值向量计算模块 20 根据确定的有效天线孔径和天线阵列的传输函数，计算各个天线阵元对该信号的权值向量，并且把计算得到的权值向量提供给各个通道的变换矩阵；各路频域信号分别与

所在通道的变换矩阵相乘进行加权运算,并通过多个信号合并器合成产生多个频域波束信号;最后通过快速傅里叶逆变换把频域波束信号转换成时域的波束信号。

## 有益效果

如上所述,当输入到天线阵元的信号频率从初始频率 $f_0$ 变为频率 $f_j$ 时,为了使这两个频率对应的天线波束的宽度恒等,在该天线阵元位置重新抽样阵列天线以确保它的有效孔径从 $d = \lambda_0/2$ 变成 $d' = \lambda_j/2$ ,然后根据新阵元的有效天线孔径,以及连续天线阵列的传输函数,计算对应于频率 $f_j$ 的权值向量,输入信号与该权值向量相乘,就可以获得恒波束宽度的波束输出,因此消除了处理后宽带信号的失真现象。

此外,将上述的恒波束宽度的波束赋形方法及其装置应用在具有阵列天线的移动终端中,通过对经过一系列延时后的输入信号分别进行加权处理,并将经过时-空二维加权处理后的合并得到单数字信号,有效地减少了阵元在发射和接收信号时所产生的偏差,显著地提高了通话质量。

本领域技术人员应当理解,本发明所提供的基于宽带天线的波束赋形方法及其装置,适用于宽带无线发射和接收系统、下一代(第3代和第4代)通信系统的基站和移动终端、应用于阵列天线和宽带天线的芯片组和组件。

本领域技术人员应当理解,本发明所公开的基于宽带天线的波束赋形方法及其装置,还可以在不脱离本发明内容的基础上做出各种改进。因此,本发明的保护范围应当由所附的权利要求书的内容确定。

# 说明书附图

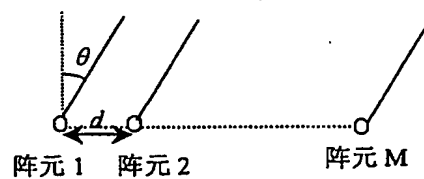


图 1

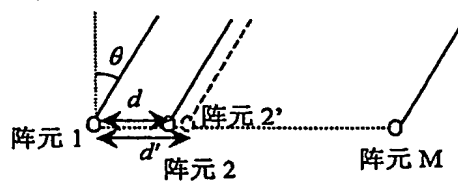


图 2

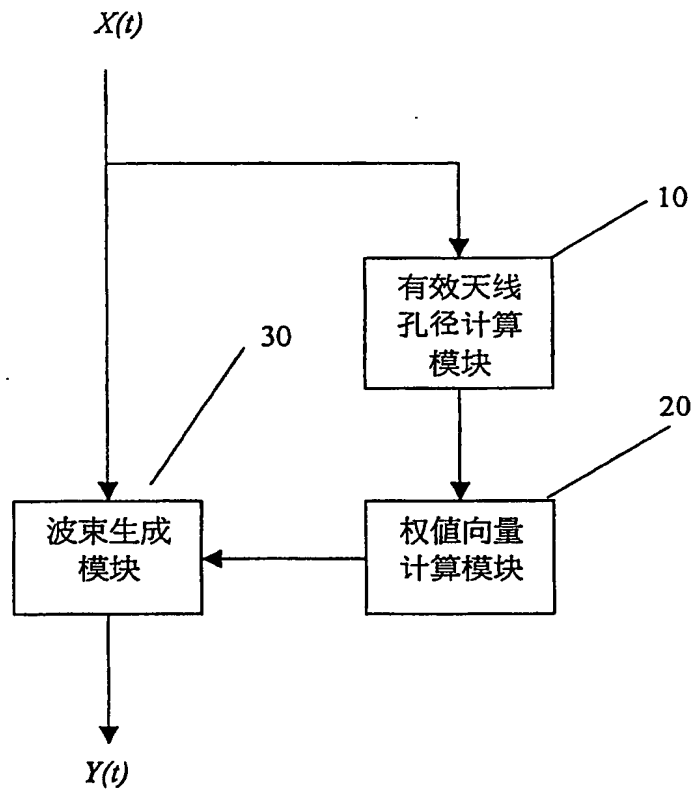


图 3



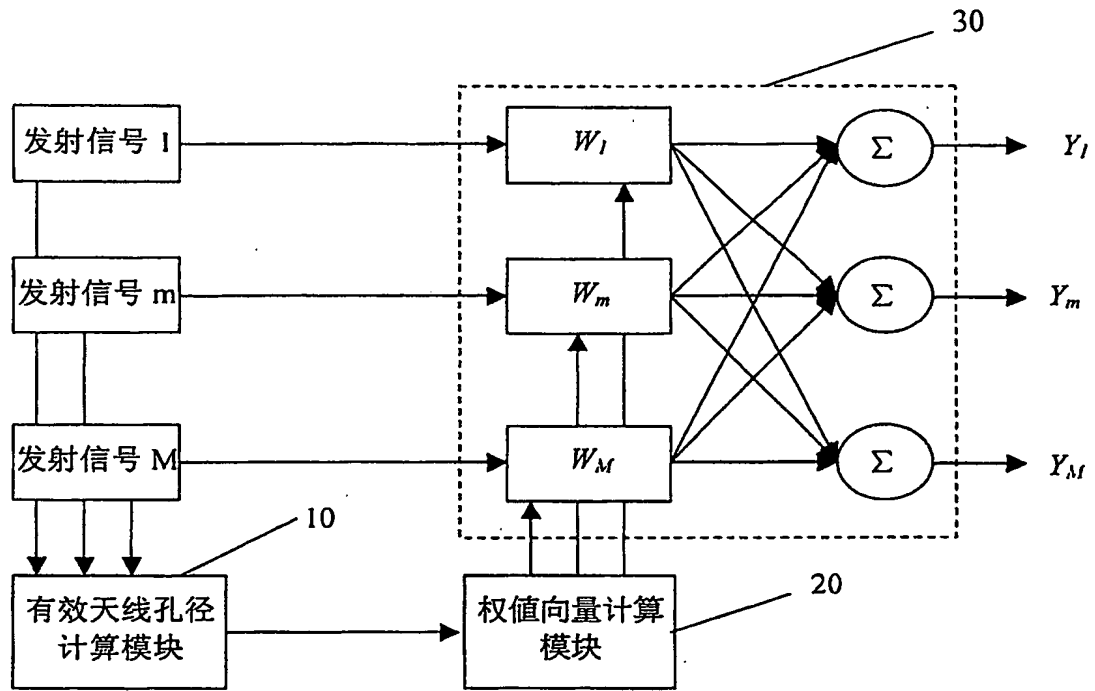


图 4

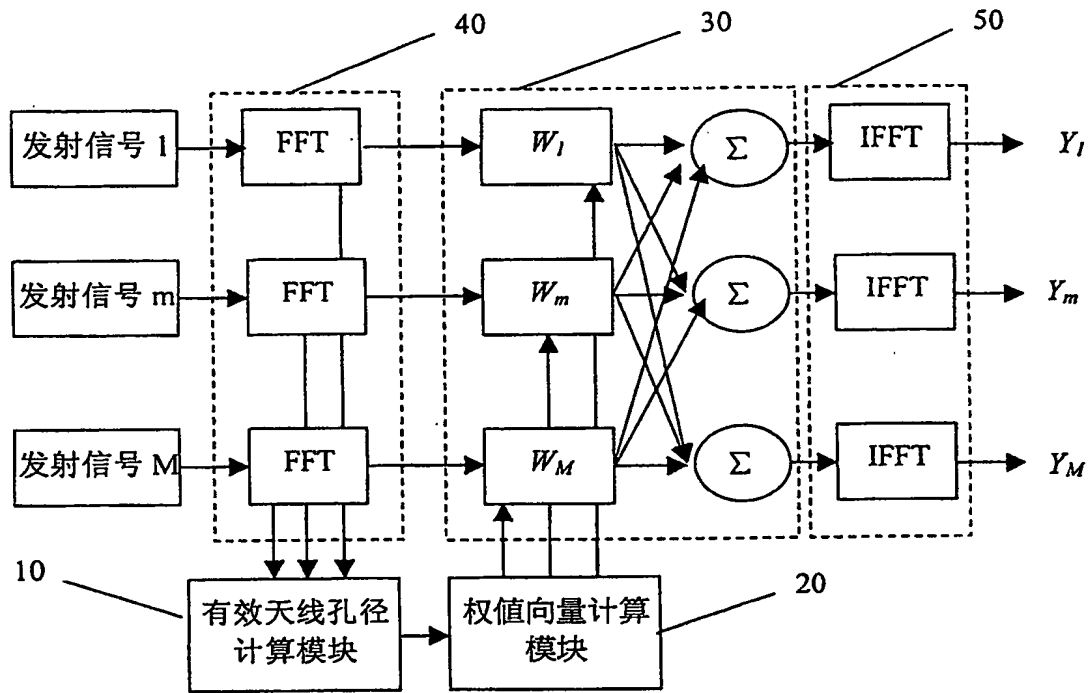


图 5

22

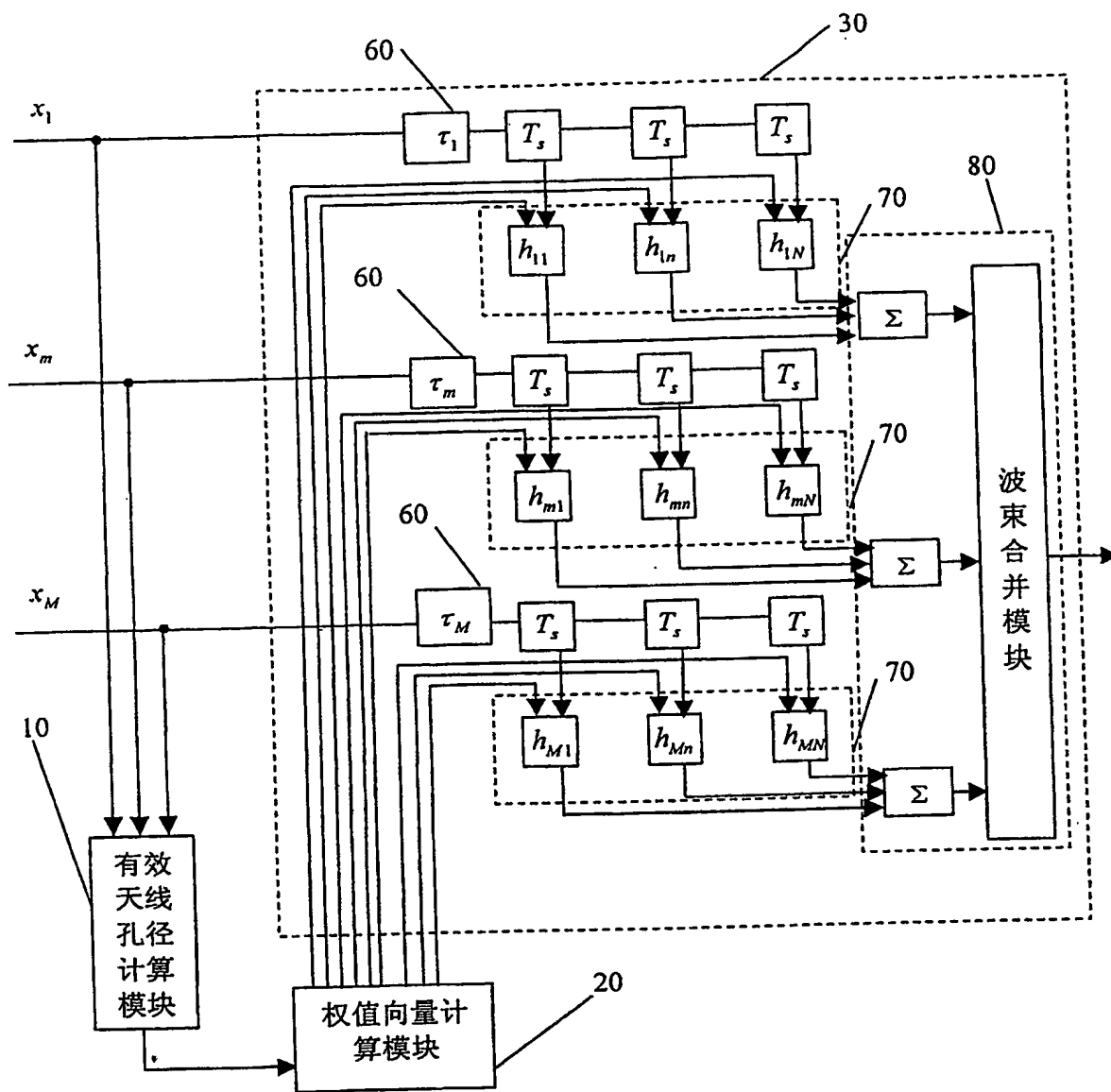


图 6

23

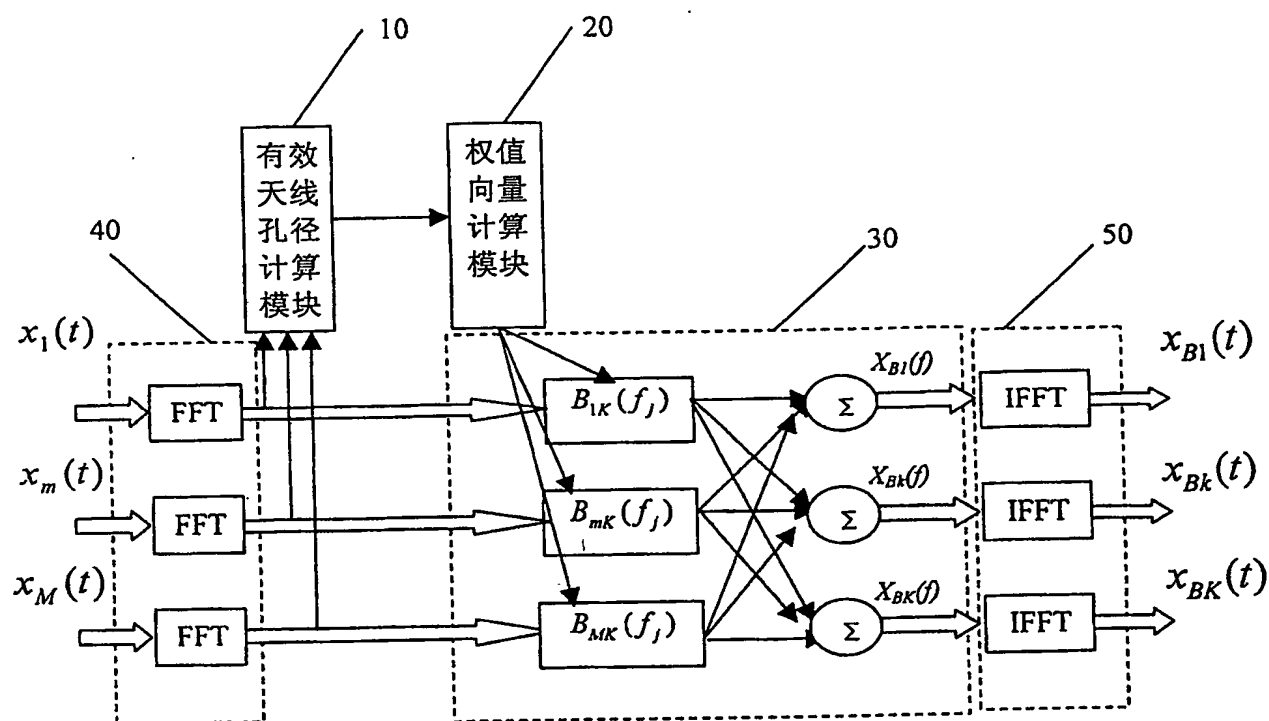


图 7

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images  
problems checked, please do not report the  
problems to the IFW Image Problem Mailbox**